

YAMADA  
Fld: January 14, 2000  
Darryl Mexic  
202-293-7060  
2 of 4

Q56529

日本特許  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1999年 1月25日

出願番号  
Application Number:

平成11年特許願第015904号

出願人  
Applicant(s):

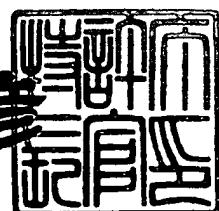
富士写真フィルム株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

1999年 9月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特平11-3062616

【書類名】 特許願  
【整理番号】 P24243J  
【提出日】 平成11年 1月25日  
【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿  
【国際特許分類】 G06T 5/00  
A61B 6/00  
H04N 5/325

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内

【氏名】 山田 雅彦

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【住所又は居所】 神奈川県南足柄市中沼210番地

【氏名又は名称】 富士写真フィルム株式会社

【代表者】 宗雪 雅幸

【代理人】

【識別番号】 100073184

【住所又は居所】 横浜市港北区新横浜3-18-20 BENEX S-1 7階

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【電話番号】 045-475-2623

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【住所又は居所】 横浜市港北区新横浜3-18-20 BENEX S-1 7階

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【電話番号】 045-475-2623

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理方法および装置並びに記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 原画像を表す原画像信号の画素密度を変換することにより得られた縮小原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号を所定の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成し、該各変換画像信号から前記原画像信号の所定の周波数成分が強調された処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記画素密度変換の変換特性に基づいて、前記処理済み画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように前記変換関数のパラメータを補正することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2】 前記処理済み画像信号を所定の拡大率により拡大して拡大処理済み画像信号を得るに際し、前記拡大時の変換特性にもに基づいて前記変換関数のパラメータを補正することを特徴とする請求項 1 記載の画像処理方法。

【請求項 3】 前記縮小原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記縮小原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記縮小原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とすることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の画像処理方法。

【請求項 4】 原画像を表す原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号を所定の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成し、該各変換画像信号から前記原画像信号の所定の周波数成分が強調された処理済み画像信号を得、さらに該処理済み画像信号を所定の拡大率により拡大して拡大処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記拡大時の変換特性に基づいて、前記処理済み画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように前記変換関数のパラメータを補正することを特徴とする画像処理方法。

【請求項5】 前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とすることを特徴とする請求項4記載の画像処理方法。

【請求項6】 原画像を表す原画像信号の画素密度を変換することにより得られた縮小原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号を所定の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成する変換画像信号作成手段と、該各変換画像信号から前記原画像信号の所定の周波数成分が強調された処理済み画像信号を得る処理手段とを備えた画像処理装置において、

前記画素密度変換の変換特性に基づいて、前記処理済み画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように前記変換関数のパラメータを補正するパラメータ補正手段を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項7】 前記処理済み画像信号を所定の拡大率により拡大して拡大処理済み画像信号を得る拡大手段をさらに備え、前記パラメータ補正手段は、前記拡大処理済み画像信号を得るに際し、前記拡大時の変換特性にもに基づいて前記変換関数のパラメータを補正する手段であることを特徴とする請求項6記載の画像処理装置。

【請求項8】 前記画像信号作成手段は、前記縮小原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記縮小原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記縮小原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とする手段であることを特徴とする請求項6または7記載の画像処理装置。

【請求項9】 原画像を表す原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号を所定の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成する変換画像信号作成手段

と、該各変換画像信号から前記原画像信号の所定の周波数成分が強調された処理済み画像信号を得る処理手段と、該処理済み画像信号を所定の拡大率により拡大して拡大処理済み画像信号を得る拡大手段とを備えた画像処理装置において、

前記拡大時の変換特性に基づいて、前記処理済み画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように前記変換関数のパラメータを補正するパラメータ補正手段を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項10】 前記画像信号作成手段は、前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とすることを特徴とする請求項9記載の画像処理装置。

【請求項11】 原画像を表す原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号を所定の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成し、該各変換画像信号から前記原画像信号の所定の周波数成分が強調された処理済み画像信号を得る画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体において、

前記プログラムは、前記画素密度変換の変換特性に基づいて、前記処理済み画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように前記変換関数のパラメータを補正する手順を有することを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項12】 前記パラメータを補正する手順は、前記処理済み画像信号を所定の拡大率により拡大して拡大処理済み画像信号を得るに際し、前記拡大時の変換特性にもに基づいて前記変換関数のパラメータを補正する手順であることを特徴とする請求項7記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項13】 前記複数の画像信号を作成する手順は、前記縮小原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記縮小原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記縮小原画像信号の

複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とする手順であることを特徴とする請求項11または12記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項14】 原画像を表す原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号を所定の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成し、該各変換画像信号から前記原画像信号の所定の周波数成分が強調された処理済み画像信号を得、さらに該処理済み画像信号を所定の拡大率により拡大して拡大処理済み画像信号を得る画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体において、

前記プログラムは、前記拡大時の変換特性に基づいて、前記処理済み画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように前記変換関数のパラメータを補正する手順を有することを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項15】 前記複数の画像信号を作成する手順は、前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とする手順であることを特徴とする請求項14記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像信号に対して所定の周波数成分を強調する処理を行うための画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、本出願人により、非鮮鋭マスク画像信号（以下、ボケ画像信号という）

を用いて周波数強調処理あるいはダイナミックレンジ圧縮処理などを行って放射線画像の診断性能を向上させる数々の画像処理方法および装置が提案されている（特開昭55-163472号、同55-87953号、特開平3-222577号、特開平10-75395号、同10-171983号など）。例えば周波数強調処理は、原画像信号  $S_{org}$  からボケ画像信号  $S_{us}$  を引いたものに強調係数  $\beta$  を乗じたものを、原画像信号  $S_{org}$  に加算することにより、原画像信号の所定の空間周波数成分を強調するものである。これを式で表すと下記の式（1）のようになる。

## 【0003】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta \times (S_{org} - S_{us}) \quad \dots (1)$$

（ $S_{proc}$ ：周波数強調処理された信号、 $S_{org}$ ：原画像信号、

$S_{us}$ ：ボケ画像信号、 $\beta$ ：強調係数）

また、特開平10-75395号には、原画像信号に加算する加算信号の周波数応答特性を調整することにより、周波数強調処理された信号に対してアーチファクトが発生することを防止する方法が提案されている。この方法とは、まず鮮鋭度の異なる、すなわち周波数特性の異なる複数のボケ画像信号を作成し、そのボケ画像信号および原画像信号の中の2つの信号の差分を求ることにより、原画像信号の、ある限られた周波数帯域の周波数成分を表す複数の帯域制限画像信号（以下バンドパス信号とする）を作成し、さらにそのバンドパス信号をそれぞれ異なる変換関数によって所望の大きさとなるように変換してから、その複数の抑制されたバンドパス信号を積算することにより上記加算信号を作成するものである。この処理は例えば下記の式（2）により表すことができる。

## 【0004】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta (S_{org}) \times F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN})$$

$$F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN})$$

$$= f_1 (S_{org} - S_{us1}) + f_2 (S_{us1} - S_{us2}) + \dots + f_k (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_N (S_{usN-1} - S_{usN}) \quad \dots (2)$$

（但し、 $S_{proc}$ ：高周波成分が強調された画像信号

$S_{org}$ ：原画像信号

$S_{usk}$  ( $k=1 \sim N$ )：ボケ画像信号

$f_k$  ( $k=1 \sim N$ ) : 各バンドパス信号を変換する変換関数

$\beta$  ( $S_{org}$ ) : 原画像信号に基づいて定められる強調係数)

これらの周波数強調処理においては、バンドパス信号を変換する変換関数のパラメータを変更することによって原画像信号に加算する加算信号の周波数応答特性を調整することができる。このため、各変換関数の定義次第で、アーチファクトの発生防止など所望の周波数応答特性を有する処理済み画像信号を得ることができる。

#### 【0005】

一方、上述した周波数強調処理に用いられるボケ画像信号は、原画像信号の画素に対して所定間隔毎に所定のフィルタリング処理を施すことによって画素を間引きし、その後間引きした数分の画素を所定の補間方法によって補間することにより作成される。このフィルタリング処理としては、ローパスフィルタにより原画像信号の高周波成分を取り除くような処理、具体的にはフィルタ内の画素値の平均値や、荷重平均値を求めるといった処理が行われている。上記特開平10-75395号などにおいてボケ画像信号を得るために行われるフィルタリング処理では、原画像信号に対してフィルタリング処理を施して得られた画素数の少ない信号に対してさらにこのフィルタリング処理を施して、フィルタリング処理の各段階で得られた画素数の少ない画像信号をそれぞれ原画像信号と同じ画素数となるように補間することにより、複数の異なるボケ画像信号を作成している。

#### 【0006】

ボケ画像信号は、上記のように原画像信号に基づいて作成されるものであるが、この原画像信号は、読み取り装置により原画像信号を所定の読み取り密度で読み取って所定の画素密度を有する画像を再現可能なデジタル信号としたものである。一般に、デジタル化された画像信号を例えばプリント出力として再生する場合、画素密度によって決定されるある周波数（ナイキスト周波数）以下の周波数成分は正しく再生されることが知られている。すなわち、読み取り密度すなわち画素密度は再生時に必要となる画質レベルを考慮して決定されるため、必ずしも一定であるとは限らない。

## 【0007】

例えば、放射線画像読取再生システムでは、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像をレーザビーム走査によりデジタル画像信号として読取っているが、読取密度すなわち画素密度は蓄積性蛍光体シートの大きさによって異なったり、ユーザの設定により任意の値に変更することができるものである。

## 【0008】

ここで、画素密度が異なる画像信号、すなわちナイキスト周波数が異なる画像信号に対し、同一のローパスフィルタによるフィルタリング処理、および同一の補間方法による補間処理を施した場合、得られるバンドパス信号の周波数特性、具体的にはバンドパス信号の周波数帯域は画素密度によって異なることとなる。これにより、例えば1つの原画像を2種類の読取密度で読取って2種類の画素密度を有する原画像信号を得た場合、同じボケ画像信号を用いてバンドパス信号を得て周波数強調処理を行っても、強調される周波数帯域あるいは圧縮される周波数帯域は2種類の原画像信号でそれぞれ異なってしまうという問題が生ずる。

## 【0009】

このため、原画像信号の画素密度に関する情報を得、その情報に基づいて複数のフィルタ係数リストからフィルタ係数を選択し、選択されたフィルタ係数のフィルタによって原画像信号に対してフィルタリング処理を行ってボケ画像信号を得るようにした方法が提案されている（特開平10-63837号）。ここで例えば読取密度が5本/mmと6.7本/mmの原画像信号に対して同一のローパスフィルタによりフィルタリング処理を施すことにより得られるバンドパス信号はその周波数帯域が異なるものとなるが、この方法によれば各原画像信号に対してそれぞれ異なるローパスフィルタによりフィルタリング処理を施すことにより、各原画像信号から得られるバンドパス信号の周波数帯域を略一致させることができる。したがって、画素密度に拘わらず同じ周波数特性のボケ画像信号を作成することができ、これにより同じ周波数特性のバンドパス信号を作成して上述したような周波数強調処理を、常に同じように行うこととなる。

## 【0010】

一方、原画像信号を圧縮する形式としては、JPEG、GIF、TIFFなど

種々の形式が存在するが、近年画像信号を解像度毎に階層的に分解し、各階層毎のデータ（階層画像信号）を符号化して圧縮する形式が提案されている。この圧縮形式は、具体的には原画像信号をウェーブレット変換などにより原画像の $1/2^n$ 倍の解像度を有する複数の解像度毎の階層画像信号に分解し、この分解された各解像度毎の階層画像信号を階層順に符号化して1つのファイルとして圧縮するものである。

#### 【0011】

この圧縮方式は以下のようないくつかの特徴を有する。

#### 【0012】

(1) 従来のJPEGで用いられているDCT方式のように、画像信号をブロック毎に処理していないため、ブロック歪みのようなアーチファクトが生じない。

#### 【0013】

(2) 画像信号が階層的に符号化されているため、画像信号の転送の際に必要な解像度の情報を転送すればよく、効率的な画像転送が可能となる。

#### 【0014】

(3) 画像信号が多重解像度あるいは多重分解能に分解されているため、周波数強調処理など種々の画像処理を比較的簡単に実行することができる。

#### 【0015】

(4) 多重解像度解析による空間と周波数との同時分解が可能であり、符号化効率に大きく影響を与える低周波数領域に対しては広い範囲で直交変換を行い、高周波領域に対しては狭い範囲で直交変換が可能となるため、画像中のエッジ周辺部に量子化ノイズが発生しても、その空間的広がりを抑えることができる。このため、ノイズが知覚されにくい。

#### 【0016】

また、イーストマンコダック社が提案するFlashPixファイルのように、1つのファイル内に複数の性質の異なるデータを記憶することができるファイル形式が提案されているが、このようなFlashPix規格のファイルにも、多重解像度に分解された階層画像信号を保管することも可能である。

## 【0017】

このように、原画像信号を多重解像度に分解することにより、原画像の $1/2^n$ 倍の解像度を有する複数の画像を表す階層画像信号から原画像信号を構成することができる。これにより、プリンタのように高画質の画像を再生する必要がある場合には、最高解像度までの画像を表す階層画像信号に基づいて画像を復元することにより原画像と同一解像度を有する高画質の画像を再現可能な画像信号を得ることができる。また、C R Tのようにプリンタほど高解像度の画像を再現することができない場合には、原画像よりも低解像度の画像を表す階層画像信号に基づいて画像信号を復元し、さらに必要であれば拡大、縮小することにより、原画像よりは解像度が低いもののC R Tの解像度に適した画像を再生することができる。

## 【0018】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した蓄積性蛍光体シートから放射線画像を得る場合に、10本/mmの読み取り密度により読み取った画像信号を10本/mmピッチにより再生した画像と、5本/mmの読み取り密度により読み取った画像信号を2倍に補間拡大して10本/mmピッチにより再生した画像とにおいては、画像のサイズが同一であるにも拘わらず、後者の方が画像がボケることとなる。これは、読み取り密度を変更するすなわち画像信号を補間縮小する場合に使用するフィルタのフィルタ特性、および2倍拡大時における補間拡大に使用するフィルタのフィルタ特性により原画像信号の高周波成分が低減されるのに加えて、前者の画像と後者の画像との周波数応答特性が異なるものとなるためである。一方、上述したように画像信号を多重解像度空間に変換して得られた階層画像信号に基づいて、原画像よりも低解像度の画像を得る場合にも、ウェーブレット変換を行う際に使用するウェーブレット変換関数の特性により、原画像よりもボケた画像となってしまう。また、低解像度の画像を原画像と同一サイズに拡大する場合にも補間拡大に使用するフィルタのフィルタ特性により高周波成分が低減されて、原画像よりもボケた画像となってしまう。さらに、原画像と同一サイズのみならず所望とされるサイズとなるように拡大（1倍未満の拡大すなわち縮小をも含む）する場合にも、原画像と比較して

再生画像がボケるという問題がある。したがって、このように原画像よりもボケた画像を表す画像信号に対して上述したような周波数強調処理を施すと、所定周波数成分を強調したにも拘わらず、原画像信号に対して周波数強調処理を施した場合と印象が異なるものとなってしまう。

#### 【0019】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、画素密度や拡大率が原画像と異なる画像に対して上記周波数強調処理を施す場合であっても、原画像と同一の周波数応答特性を有するように処理を行うことができる画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することを目的とするものである。

#### 【0020】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明による第1の画像処理方法は、原画像を表す原画像信号の画素密度を変換することにより得られた縮小原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号を所定の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成し、該各変換画像信号から前記原画像信号の所定の周波数成分が強調された処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記画素密度変換の変換特性に基づいて、前記処理済み画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように前記変換関数のパラメータを補正することを特徴とするものである。

#### 【0021】

なお、前記処理済み画像信号を所定の拡大率により拡大して拡大処理済み画像信号を得るに際し、前記拡大時の変換特性にもに基づいて前記変換関数のパラメータを補正することが好ましい。

#### 【0022】

本発明による第2の画像処理方法は、原画像を表す原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号を所定の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成し、該各変換画像信号から前記原画像信号の所定の周波数成分が強調された処理済み画像信号を得、さらに該

処理済み画像信号を所定の拡大率により拡大して拡大処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記拡大時の変換特性に基づいて、前記処理済み画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように前記変換関数のパラメータを補正することを特徴とするものである。

#### 【0023】

なお、本発明による第1および第2の画像処理方法においては、縮小原画像信号または原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記縮小原画像信号または前記原画像信号と前記複数のボケ画像信号とに基づいて前記縮小原画像信号または前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、このバンドパス信号を互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号とすることが好ましい。

#### 【0024】

ここで、「バンドパス特性」とは、原画像信号における複数の周波数帯域毎の周波数応答特性のことをいう。

#### 【0025】

また、「原画像信号の画素密度を変換して縮小原画像信号を得る」とは、上記蓄積性蛍光体シートから放射線画像を読取る場合においては、読取密度を補間縮小により変更する際に用いるフィルタにより原画像信号に対してフィルタリング処理を施して縮小原画像信号を得ることをいう。また、画素密度変換のみならず、線形補間、スプライン補間、間引きなどにより縮小することをも含むものである。一方、上述したように原画像信号を多重解像度空間に変換する場合には、原画像信号をウェーブレット変換するウェーブレット変換関数により原画像信号に対してフィルタリング処理を施して、原画像とは解像度が異なる階層画像信号を得、これを縮小原画像信号とするものである。

#### 【0026】

また、「処理済み画像信号を拡大して拡大処理済み画像信号を得る」とは、処理済み画像信号を線形補間、スプライン補間などの補間方法により拡大することをいう。なお、本発明における「拡大」には1未満の拡大率により拡大すること

、すなわち縮小することをも含むものである。

【0027】

さらに、「所定の周波数成分を強調する」とは、例えば画像のエッジ部を強調するために、高周波成分を強調するといったことを意味する。

【0028】

さらにまた、「画素密度変換の変換特性または拡大時の変換特性に基づいて、処理済み画像信号の所望周波数成分における周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように、前記変換関数のパラメータを補正する」とは、例えば画素密度変換や補間拡大に用いられるフィルタや関数の特性や縮小係数から縮小原画像信号の周波数応答特性を求め、この周波数応答特性のレスポンスと予め定められた周波数応答特性のレスポンスとの差異を求め、この差異に応じて所望周波数成分のレスポンスが予め定められたレスポンスとなるにはどの程度バンドパス信号の値を変更したらよいかを逆算し、その逆算結果に応じて変換関数の強調あるいは抑制の程度をパラメータの値を変更することにより行うことをいう。なお、画素密度変換特性および／または拡大時の変換特性と、補正された変換関数のパラメータとの関係をテーブルとして記憶しておき、このテーブルを参照して変換関数のパラメータを補正することが好ましい。

【0029】

また、画素密度変換特性および／または拡大時の変換特性がガウス関数のような関数により表すことができる場合には、その関数に基づいて所望周波数成分のレスポンスが予め定められたレスポンスとなるように変換関数のパラメータを設定すればよい。

【0030】

さらに、「ボケ画像信号」とは、画素数は縮小原画像信号または原画像信号と同じであるが縮小原画像信号または原画像信号よりも鮮鋭度が低い画像を表す画像信号である。ボケ画像信号は、まず縮小原画像信号または原画像信号の画素に対して所定間隔毎に所定のフィルタリング処理を施すことによって画素を間引きし、そのようにして得た画像信号に対して同様のフィルタリング処理を繰り返してさらに画素数を少なくした画像信号を複数作成し、そのそれぞれに対して、所

定の補間方法により縮小した原画像または原画像と画素数が同じになるように補間処理を施すことにより作成する。ここで、フィルタリングや補間については、一般に広く使用されている種々の方法を適用することができる。

#### 【0031】

また、「縮小原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号」、「原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号」は、例えば隣接する周波数帯域のボケ画像信号同士で差分を求めて作成してもよいし、縮小原画像信号または原画像信号と各ボケ画像信号の差分を求めて作成してもよい。あるいは縮小原画像信号または原画像信号とボケ画像信号の他の組み合わせで差分を求めて作成することもできる。なお、変換画像信号の作成、および周波数強調処理は例えば上記(2)式で表すことができる。

#### 【0032】

本発明による第1の画像処理装置は、原画像を表す原画像信号の画素密度を変換することにより得られた縮小原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号を所定の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成する変換画像信号作成手段と、該各変換画像信号から前記原画像信号の所定の周波数成分が強調された処理済み画像信号を得る処理手段とを備えた画像処理装置において、

前記画素密度変換の変換特性に基づいて、前記処理済み画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように前記変換関数のパラメータを補正するパラメータ補正手段を備えたことを特徴とするものである。

#### 【0033】

なお、前記処理済み画像信号を所定の拡大率により拡大して拡大処理済み画像信号を得る拡大手段をさらに備えるものとし、前記パラメータ補正手段を、前記拡大処理済み画像信号を得るに際し、前記拡大時の変換特性にも基づいて前記変換関数のパラメータを補正する手段とすることが好ましい。

#### 【0034】

本発明による第2の画像処理装置は、原画像を表す原画像信号から互いに異な

るバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号を所定の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成する変換画像信号作成手段と、該各変換画像信号から前記原画像信号の所定の周波数成分が強調された処理済み画像信号を得る処理手段と、該処理済み画像信号を所定の拡大率により拡大して拡大処理済み画像信号を得る拡大手段とを備えた画像処理装置において、

前記拡大時の変換特性に基づいて、前記処理済み画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように前記変換関数のパラメータを補正するパラメータ補正手段を備えたことを特徴とするものである。

#### 【0035】

また、本発明による第1および第2の画像処理装置においては、前記画像信号作成手段は、縮小原画像信号または原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記縮小原画像信号または前記原画像信号と前記複数のボケ画像信号に基づいて前記縮小原画像信号または前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、このバンドパス信号を互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号とする手段であることが好ましい。

#### 【0036】

なお、本発明による画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して提供してもよい。

#### 【0037】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、縮小原画像信号または原画像信号から互いにバンドパス特性が異なる複数の画像信号が作成され、画素密度変換特性および／または拡大時の変換特性に基づいてパラメータが補正された変換関数により各画像信号が変換されて変換画像信号が得られる。そして、この変換画像信号から処理済み画像信号が得られる。また、必要であれば処理済み画像信号を拡大して拡大処理済み画像信号が得られる。ここで、変換関数のパラメータは、画素密度変換特性および／

または拡大時の変換特性に基づいて、処理済み画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように設定されているため、画素密度変換処理や拡大処理による周波数応答特性の変更を補償した処理済み画像信号を得ることができる。したがって、画素密度変換および／または拡大処理の有無に拘わらず、所望周波数成分において原画像と常に略同一の周波数応答特性を有する画像を表す処理済み画像信号あるいは拡大処理済み画像信号を得ることができる。

#### 【0038】

また、本発明においては、周波数強調処理を行うと同時に周波数応答特性を修正しているため、周波数強調処理が施された処理済み画像信号あるいは拡大処理済み画像信号に対して周波数応答特性を修正する処理を施す場合と比較して、演算時間を短縮することができる。

#### 【0039】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。なお、本実施形態においては、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像を読み取って得た画像信号に対して、その画像が診断に適した画像となるように、ボケ画像信号を使用して周波数強調処理を施すものであり、処理された画像信号は主としてフィルムに記録され、診断に用いられる。

#### 【0040】

図1は本発明の第1の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図である。画像処理装置1は、読み取装置などにおいて得られ予め定められた画素密度（例えば10本/mm）を有する原画像信号S<sub>org'</sub>をユーザが所望とする画素密度（例えば6.7本/mm、5本/mm）に変換する画素密度変換手段4と、画素密度変換手段4において所望とする画素密度に変換された原画像信号S<sub>org</sub>からボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段2と、原画像信号S<sub>org</sub>の所定周波数成分を強調するための周波数強調処理を行って中間処理済み画像信号S<sub>proc'</sub>を得る周波数強調処理手段3とを有する。さらに、この画像処理装置1は、拡大手段5と、パラメータ補正手段6とを備える。拡大手段5は周波数強調処

理手段3において得られた中間処理済み画像信号S<sub>proc'</sub>を所望とする拡大率となるように補間処理により拡大して最終的な処理済み画像信号S<sub>proc</sub>を得るものである。なお、拡大率は1未満の拡大率すなわち縮小をも含むものである。パラメータ補正手段6は、周波数強調処理手段3において周波数強調処理に使用される変換関数のパラメータを補正する手段であり、画素密度変換手段4において原画像信号S<sub>org'</sub>の画素密度変換を行う際に使用される画素密度変換フィルタのフィルタ特性F1および拡大手段5において補間処理の際に使用される補間フィルタのフィルタ特性F2に基づいて変換関数のパラメータを補正する。なお、画素密度変換手段4における画素密度および拡大手段5における拡大率は不図示のキーボードなどの入力手段から入力してもよく、操作画面に数種類の拡大率を表示してユーザに選択させるといった形態でもよい。また、画素密度変換手段4は本実施形態による画像処理装置1に設けられる必要はなく、読み取り装置などに設けられていてもよい。

#### 【0041】

まず、画素密度の変換について説明する。上述した蓄積性蛍光体シートを用いた放射線画像システムにおいては、読み取り密度すなわち画素密度はシートの大きさによって異なったり、ユーザの設定により任意の値に変更することができるものである。本実施形態においては、読み取り装置などにおいて10本/mmの画素密度となるように読み取られた原画像信号S<sub>org'</sub>を、画素密度変換手段4においてフィルタリング処理によりユーザが所望する6.7本/mmあるいは5本/mmの画素密度の原画像信号S<sub>org</sub>に変換するものである。

#### 【0042】

次にボケ画像信号の作成処理について説明する。図2はボケ画像信号作成手段の構成を示す概略ブロック図である。図2に示すように、図1のボケ画像信号作成手段2は、まずフィルタリング処理手段10により、原画像信号S<sub>org</sub>に対し、原画像の画素のx方向およびy方向に対してフィルタリング処理を施して原画像信号S<sub>org</sub>よりも解像度が低い画像信号B<sub>1</sub>（以下、低解像度画像信号という）を作成し、次にこの低解像度画像信号B<sub>1</sub>に対して同様のフィルタリング処理を施してこの低解像度画像信号B<sub>1</sub>よりもさらに解像度が低い低解像度画像信号B<sub>2</sub>

を作成し、以降順次同様のフィルタリング処理を重ねていくものである。そして、補間処理手段11により、このフィルタリング処理の各段階において得られる低解像度画像信号 $B_k$ に対して、それぞれ補間拡大処理を施して、鮮鋭度が異なる複数のボケ画像信号 $S_{us1} \sim S_{usN}$ （以下 $S_{usk}$ （ $k=1 \sim N$ ）で代表させる）を得るものである。

## 【0043】

本実施形態においては、上記フィルタリング処理のフィルタとして、1次元ガウス分布に略対応したフィルタを使用する。すなわちフィルタのフィルタ係数を、ガウス信号に関する下記の式（3）にしたがって定める。

## 【0044】

## 【数1】

$$f(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \cdots (3)$$

## 【0045】

これは、ガウス信号は周波数空間および実空間の双方において局在性がよいためであり、例えば上記（3）式において $\sigma = 1$ とした場合の $5 \times 1$ の1次元フィルタは図3に示すようなものとなる。

## 【0046】

フィルタリング処理は、図4に示すように、原画像信号 $S_{org}$ に対して、あるいは低解像度画像信号に対して1画素おきに行う。このような1画素おきのフィルタリング処理をx方向、y方向に行うことにより、低解像度画像信号 $B_1$ の画素数は原画像の $1/4$ となり、フィルタリング処理により得られる低解像度画像信号に対して繰り返しこのフィルタリング処理を施すことにより、得られるn個の低解像度画像信号 $B_k$ （ $k=1 \sim n$ ）は、それぞれ、画素数が原画像信号 $S_{org}$ の $1/2^{2k}$ の画像信号となる。

## 【0047】

次に、このようにして得られた低解像度画像信号 $B_k$ に対して施される補間拡

大処理について説明する。補間演算の方法としては、Bスプラインによる方法など種々の方法が挙げられるが、本実施形態においては、上記フィルタリング処理においてガウス信号に基づくローパスフィルタを用いているため、補間演算についてもガウス信号を用いるものとする。具体的には、下記の式(4)において、 $\sigma = 2^{k-1}$  と近似したものを用いる。

【0048】

【数2】

$$I(t) = 2 \cdot \sigma \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \cdots (4)$$

【0049】

画像信号  $B_1$  を補間する際には、 $k = 1$  であるため  $\sigma = 1$  となる。この場合、補間処理を行うためのフィルタは、図5に示すように  $5 \times 1$  の1次元フィルタとなる。この補間処理は、まず低解像度画像信号  $B_1$  に対して1画素おきに値が0の画素を1つずつ補間することにより低解像度画像信号  $B_1$  を原画像と同一のサイズに拡大し、次に、この補間された低解像度画像信号  $B_1$  に対して上述した図5に示す1次元フィルタによりフィルタリング処理を施すことにより行われる。

【0050】

同様に、この補間拡大処理を全ての低解像度画像信号  $B_k$  に対して行う。低解像度画像信号  $B_k$  を補間する際には、上記式(4)に基づいて、 $3 \times 2^{k-1} - 1$  の長さのフィルタを作成し、画像信号  $B_k$  の各画素の間に値が0の画素を  $2^{k-1} - 1$  個ずつ補間することにより原画像と同一サイズに拡大し、この値が0の画素が補間された画像信号  $B_k$  に対して  $3 \times 2^{k-1} - 1$  の長さのフィルタにより、フィルタリング処理を施すことにより補間拡大する。

【0051】

次に、上記のようにして作成されたボケ画像信号  $S_{usk}$  を用いて行われる周波数強調処理について説明する。図6は周波数強調処理を行う装置の構成をボケ画像信号作成手段2とともに示す概略ブロック図である。図6に示すように、原画

像信号  $S_{org}$  と、フィルタリング処理手段 10 および補間処理手段 11 により作成されたボケ画像信号  $S_{usk}$  について、減算器 21 によりそれらの信号の差分が求められ、原画像信号  $S_{org}$  の限られた周波数帯域の成分であるバンドパス信号 ( $S_{org} - S_{us1}$ 、 $S_{us1} - S_{us2}$  など) が作成される。

## 【0052】

そして、このバンドパス信号が変換器 22 においてそれぞれ異なる変換関数  $f_1 \sim f_N$  により所望の大きさとなるように変換され、さらに式 (2') にしたがって、その複数の変換されたバンドパス信号が演算器 23 において積算され、さらに原画像信号に加算されて、中間処理済み画像信号  $S_{proc'}$  が生成される。これにより所望とする周波数成分を目的に応じた度合いで強調した中間処理済み画像信号  $S_{proc'}$  を得ることができる。

## 【0053】

$$\begin{aligned}
 S_{proc'} &= S_{org} + \beta (S_{org}) \times F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\
 F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\
 &= f_1 (S_{org} - S_{us1}) + f_2 (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\
 &\quad + f_k (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_N (S_{usN-1} - S_{usN}) \dots (2')
 \end{aligned}$$

)

(但し、 $S_{proc'}$  : 高周波成分が強調された中間処理済み画像信号

$S_{org}$  : 原画像信号

$S_{usk}$  ( $k=1 \sim N$ ) : ボケ画像信号

$f_k$  ( $k=1 \sim N$ ) : 各バンドパス信号を変換する変換関数

$\beta$  ( $S_{org}$ ) : 原画像信号に基づいて定められる強調係数)

そしてこのようにして得られた中間処理済み画像信号  $S_{proc'}$  は拡大手段 5 において所望とする拡大率により補間拡大されて、最終的な処理済み画像信号  $S_{proc}$  が得られる。なお、拡大手段 5 においては補間フィルタにより中間処理済み画像信号  $S_{proc'}$  に対してフィルタリング処理を施して処理済み画像信号  $S_{proc}$  が得られる。

## 【0054】

以上、処理済み画像信号  $S_{proc}$  の作成について説明したが、次に、本発明が解

決しようとする問題点およびその解決手段について説明する。上述したように原画像信号  $S_{org}$  の所望とする周波数成分を強調するためには、バンドパス信号の周波数帯域に応じた変換関数  $f_k$  を用いて周波数強調処理を行えばよい。しかしながら、10本／mmの画素密度を有する原画像信号  $S_{org'}$  に対して画素密度変換および拡大処理することなく得られた画像信号（原画像信号  $S_{org'}$  と同一、以下第1の画像信号とする）と、10本／mmの画素密度を有する原画像信号  $S_{org'}$  を5本／mmの画素密度に変換するとともに2倍に補間拡大することにより得られた画像信号（以下第2の画像信号とする）とでは、再生される画像のサイズが同一であるにも拘わらず、第2の画像信号により表される画像は第1の画像信号により表される画像よりもボケることとなる。このため、第1および第2の画像信号において同一の周波数成分を強調しても、得られる画像の周波数応答特性が異なるものとなってしまう。

#### 【0055】

したがって、本実施形態においては、5本／mmの画素密度となるように画素密度変換された原画像信号  $S_{org}$  に対して周波数強調処理して2倍に拡大する場合には、画素密度変換手段4における画素密度変換フィルタのフィルタ特性  $F_1$  および拡大手段5における補間フィルタのフィルタ特性  $F_2$  に基づいて、所望周波数成分の周波数応答特性が予め定められた周波数応答特性となるように周波数強調処理手段3における変換関数のパラメータを補正するようにしたものである。以下、変換関数のパラメータの補正について説明する。

#### 【0056】

図7は画素密度変換手段4において、10本／mmの画素密度を有する原画像信号  $S_{org'}$  を5本／mmの画素密度を有する原画像信号  $S_{org}$  に変換する画素密度変換フィルタのフィルタ特性  $F_1$  を示す図、図8は5本／mmの画素密度を有する画像信号を2倍に拡大する補間フィルタのフィルタ特性  $F_2$  を示す図である。そして、図9は図7および図8に示す特性を有するフィルタによりフィルタリング処理が施されることにより得られる第2の画像信号の周波数応答特性を示す図である。なお、図9には第1の画像信号の周波数応答特性を、第2の画像信号の周波数応答特性との比較のため、1の値を有するように示している。図9に示す

ように、第2の画像信号の周波数応答特性は画素密度変換フィルタのフィルタ特性F1および補間フィルタのフィルタ特性F2から容易に求めることができ、また第1の画像信号の周波数応答特性は1の値を有するため、第1および第2の画像信号の周波数応答特性の差異は図9から容易に求めることができる。

#### 【0057】

ここで、第1および第2の画像信号の再生画像において、例えば2cycle/mmにおける画像の見え方を一致させるためには、図9から分かるように第2の画像信号における2cycle/mmのレスポンスを約2倍とする必要がある。このため、本実施形態において、5本/mmの画素密度を有する原画像信号Sorgを2倍に拡大する場合には、周波数強調処理における2cycle/mmに相当する変換関数のパラメータを、画素密度変換および拡大処理を行わない場合の2倍の強調度となるように補正し、補正された変換関数により周波数強調処理を行うようにしたものである。ここで、第1の画像信号から得られるバンドパス信号の周波数応答特性を図10に示す。図10に示すように、2cycle/mmに相当するバンドパス信号は最高周波数帯域にあるため、ここでは、最高周波数帯域のバンドパス信号に適用する変換関数f1のパラメータを約2倍の強調度となるように変更する。具体的には変換関数がある傾きを有する関数である場合にはその傾きを2倍とし、変換関数が定数である場合にはその値を2倍とするものである。なお、見え方を一致させる周波数成分については、本実施形態においては2cycle/mmとしているが、複数の周波数成分としてもよく、ユーザが所望とする周波数成分を予め不図示の入力手段から入力しておいてもよい。

#### 【0058】

次いで、第1の実施形態の動作について説明する。図11は本実施形態の動作を示すフローチャートである。なお、ここでは、上述したように10本/mmの画素密度を有する原画像信号Sorg'を5本/mmの画素密度を有する原画像信号Sorgに変換し、さらに得られた中間処理済み画像信号Sproc'を2倍に拡大して処理済み画像信号Sprocを得るものとする。まず、読み取り装置などから原画像信号Sorg'が画像処理装置1に入力される（ステップS1）。原画像信号Sorg'は画素密度変換手段4において5本/mmの画素密度となるように画素密度変換

される（ステップS2）。画素密度変換されることにより得られた原画像信号S<sub>org</sub>はボケ画像信号作成手段2に入力されてここでボケ画像信号S<sub>usk</sub>が作成される（ステップS3）。一方、パラメータ補正手段6には画素密度変換手段4において用いられる画素密度変換フィルタのフィルタ特性F1および拡大手段5において用いられる補間フィルタのフィルタ特性F2が入力され（ステップS4）、フィルタ特性F1、F2に基づいて変換関数のパラメータが補正される（ステップS5）。なお、パラメータ補正手段6には処理済み画像信号S<sub>proc</sub>において、原画像信号S<sub>org'</sub>に対して周波数強調処理を施すことにより得られる信号と見え方を一致させたい周波数成分に関する情報も入力される。また、ステップS4、S5の処理はステップS2、S3の処理の前に行ってもよく、ステップS2、S3の処理と並行して行っててもよい。そして、入力されたフィルタ特性F1、F2により変換関数のパラメータが補正される。

#### 【0059】

そして、周波数強調処理手段3においては、ボケ画像信号S<sub>usk</sub>に基づいてバンドパス信号が作成され、さらにパラメータが補正された変換関数に基づいて上記式（2）に示す周波数強調処理が行われ中間処理済み画像信号S<sub>proc'</sub>が得られる（ステップS6）。得られた中間処理済み画像信号S<sub>proc'</sub>は拡大手段5において補間拡大され、最終的な処理済み画像信号S<sub>proc</sub>が得られる（ステップS7）。得られた処理済み画像信号S<sub>proc</sub>はプリンタなどにおいて再生される（ステップS8）。

#### 【0060】

このように第1の実施形態においては、画素密度変換フィルタおよび補間フィルタのフィルタ特性F1、F2に基づいて、処理済み画像信号S<sub>proc</sub>における所望周波数成分の周波数応答特性が原画像信号S<sub>org'</sub>に対して周波数強調処理を施すことにより得られた信号の周波数応答特性と略一致するように変換関数のパラメータを補正するようにしたため、画素密度変換や補間拡大により生じる周波数応答特性の差異を補償した処理済み画像信号S<sub>proc</sub>を得ることができる。したがって、画素密度変換、補間拡大の有無に拘わらず、所望とする周波数成分において常に略同一の周波数応答特性を有する処理済み画像信号S<sub>proc</sub>を得ることが

できる。また、周波数強調処理を行うと同時に周波数応答特性を修正しているため、周波数強調処理が施された処理済み画像信号  $S_{proc}$  に対して周波数応答特性を修正する処理を施す場合と比較して、演算時間を短縮することができる。

#### 【0061】

なお、上記第1の実施形態においては、画素密度変換フィルタのフィルタ特性  $F_1$  および補間フィルタのフィルタ特性  $F_2$  に基づいて変換関数のパラメータを補正しているが、画素密度変換手段4における画素密度変換の種類および拡大手段5において用いられる補間フィルタの種類と、変換関数の補正の程度との関係を表すテーブルを予め用意しておき、入力手段から入力された画素密度、拡大率および見え方を一致させる周波数成分の情報に基づいて、テーブルを参照して変換関数のパラメータを補正してもよい。

#### 【0062】

また、上記第1の実施形態においては、図7および図8に示すフィルタ特性  $F_1$ 、 $F_2$  から図9に示すように第2の画像信号の周波数応答特性を求め、この周波数応答特性における所望周波数成分のレスポンスに基づいて変換関数のパラメータを補正しているが、フィルタ特性  $F_1$ 、 $F_2$  が数式により表される場合には、数式に基づいて第2の画像信号の所望周波数成分におけるレスポンスを求め、このレスポンスが第1の画像信号のレスポンスと同一となるように変換関数のパラメータを補正してもよい。

#### 【0063】

さらに、上記第1の実施形態においては、画素密度変換手段4において画素密度変換フィルタにより原画像信号  $S_{org'}$  に対してフィルタリング処理を施すことにより、原画像信号  $S_{org'}$  の画素密度を変換しているが、これに限定されるものではなく線形補間やスプライン補間、あるいはフィルタリング後に画素を間引くなどの手法により原画像信号  $S_{org'}$  の画素密度を変換してもよい。この場合、補間による縮小係数により画素密度変換された原画像信号  $S_{org}$  の周波数応答特性を求める、あるいは画素密度変換された原画像信号  $S_{org}$  をフーリエ変換して原画像信号  $S_{org}$  の周波数応答特性を求め、この周波数応答特性に基づいてパラメータ補正手段6において変換関数のパラメータを補正すればよい。

## 【0064】

なお、画素密度を変換することなく周波数強調処理を施すことにより得られた中間処理済み画像信号  $S_{proc'}$  を拡大手段5において拡大する場合、あるいは画素密度変換した原画像信号  $S_{org}$  に対して周波数強調処理を施すことにより得られた中間処理済み画像信号  $S_{proc'}$  を何ら拡大することなく処理済み画像信号  $S_{proc}$  とする場合にも、原画像信号  $S_{org'}$  に対して画素密度変換あるいは拡大処理することなく周波数強調処理を施した場合と比較して周波数応答特性が異なる場合がある。このような場合には、画素密度変換フィルタのフィルタ特性  $F_1$  あるいは補間フィルタのフィルタ特性  $F_2$  のいずれかに基づいて変換関数のパラメータを補正すればよい。

## 【0065】

また、上記第1の実施形態においては、原画像信号からフィルタリングおよび補間拡大によりボケ画像信号を求め、原画像信号およびボケ画像信号からバンドパス信号を作成しているが、これに限定されるものではなく、例えば原画像信号をウェーブレット変換やラプラシアンピラミッドなどの手法により多重解像度に変換し、変換された各解像度毎の画像信号をバンドパス信号としてもよい。

## 【0066】

次いで、本発明の第2の実施形態について説明する。図12は本発明の第2の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図である。画像処理装置31は、読み取り装置などにおいて得られ、後述するように原画像信号  $S_{org}$  を多重解像度空間に変換して符号化することにより得られる原画像信号  $S_{org''}$  からボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段32と、特定の周波数を強調するための周波数強調処理を行って中間処理済み画像信号  $S_{proc'}$  を得る周波数強調処理手段33と、中間処理済み画像信号  $S_{proc'}$  を拡大する拡大手段35と、パラメータ補正手段36とを備える。なお、ボケ画像信号作成手段32、周波数強調処理手段33および拡大手段35において行われる処理については、上記第1の実施形態におけるボケ画像信号作成手段2、周波数強調処理手段3および拡大手段5において行われる処理と同一であるため、詳細な説明は省略する。第2の実施形態においては、原画像信号  $S_{org}$  を多重解像度空間に変換する際に使用する

ウェーブレット変換関数の特性に基づいてパラメータ補正手段36において変換関数のパラメータを補正するものである。

#### 【0067】

原画像信号  $S_{org}$  は以下のようにして多重解像度空間に変換されて符号化される。まず図13 (a) に示すように、原画像信号  $S_{org}$  がローパスおよびハイパスのウェーブレット変換関数によりウェーブレット変換されて、複数の解像度毎の4つのデータ  $LL_1$ 、 $HL_0$ 、 $LH_0$  および  $HH_0$  に分解される。ここで、データ  $LL_1$  は原画像の縦横を  $1/2$  に縮小した画像を表し、データ  $HL_0$ 、 $LH_0$  および  $HH_0$  はそれぞれ縦エッジ、横エッジおよび斜めエッジ成分の画像を表すものとなる。そして、4つのデータ  $LL_1$ 、 $HL_0$ 、 $LH_0$  および  $HH_0$  を逆ウェーブレット変換することにより原画像信号  $S_{org}$  が得られる。次に、図13 (b) に示すようにデータ  $LL_1$  をさらにウェーブレット変換して4つのデータ  $LL_2$ 、 $HL_1$ 、 $LH_1$  および  $HH_1$  を得る。ここで、データ  $LL_2$  はデータ  $LL_1$  の縦横をさらに  $1/2$  に縮小した画像を表すものとなり、データ  $HL_1$ 、 $LH_1$  および  $HH_1$  はそれぞれデータ  $LL_1$  の縦エッジ、横エッジおよび斜めエッジ成分の画像を表すものとなる。そしてこれら4つのデータ  $LL_2$ 、 $HL_1$ 、 $LH_1$  および  $HH_1$  を逆ウェーブレット変換することにより原画像の  $1/2$  の解像度の画像を表す低解像度画像信号が得られる。さらに、ウェーブレット変換を行う毎に得られるデータ  $LL_1$  に対してウェーブレット変換を所望とする回数繰り返して、複数の解像度毎のデータを得る。その後、図13 (c) に示すように、各解像度毎のデータを符号化して原画像信号  $S_{org''}$  を得る。

#### 【0068】

なお、原画像信号  $S_{org''}$  において所望とする解像度までのデータのみを復号化し、かつ逆ウェーブレット変換を施すことにより、原画像の  $1/2^k$  ( $k$  : 所望とする解像度) の解像度の画像を表す低解像度画像信号が得られることとなる。

#### 【0069】

ここで、上述したようにウェーブレット変換により多重解像度に分解された原画像信号  $S_{org''}$  において、所望とする解像度まで低解像度画像信号を復元すれ

ば、原画像よりも低解像度すなわち原画像の  $1/2^k$  ( $k$  : 所望とする解像度) 倍の解像度の画像を表す画像信号を得ることができる。しかしながら、ウェーブレット変換を行う際に用いるウェーブレット変換関数の特性により、低解像度画像においてはボケが生じる。ここで、 $1/2$  解像度まで復元された画像および $1/4$  解像度まで復元された画像における周波数応答特性を図14および図15に示す。なお図14および図15においては、ウェーブレット変換関数のフィルタ係数が異なるものである。図14および図15に示すように $1/2$  の解像度さらには $1/4$  の解像度となるにつれて原画像信号（レスポンスは全ての周波数帯域に亘って1の値をとる） $S_{org'}$  と比較して高周波成分が劣化して画像がボケることとなる。

#### 【0070】

一方、ウェーブレット変換により多重解像度に分解された原画像信号 $S_{org''}$ においては、ウェーブレット変換に用いるウェーブレット変換関数と逆ウェーブレット変換に用いるウェーブレット変換関数とが1対1に対応する必要があることから、ウェーブレット変換関数のサイズやフィルタ係数に関する情報が添付されている。したがって、第2の実施形態においては、原画像信号 $S_{org''}$ に添付されたウェーブレット変換関数の情報に基づいて、所望とされる解像度の画像を表す画像信号と基準となる原画像信号 $S_{org'}$ との所望周波数成分におけるレスポンスの差異を求め、このレスポンスが一致するように変換関数のパラメータをパラメータ補正手段36において補正するようにしたのである。なお、原画像信号 $S_{org''}$ にウェーブレット変換関数に関する情報が添付されていない場合には、この情報をマニュアル入力などにより画像処理装置31に入力すればよい。

#### 【0071】

ここで、ウェーブレット変換関数によりウェーブレット変換を施して多重解像度に変換した原画像信号 $S_{org''}$ を $1/4$ 解像度まで復元した画像信号に基づいて、原画像と $1/4$ 解像度画像との $1\text{ cycle/mm}$ の周波数成分における画像の見え方を一致させる場合について説明する。なお、見え方を一致させる周波数成分については、ユーザが予め入力手段から入力しておく。ここで、 $1\text{ cycle/mm}$ における原画像信号 $S_{org'}$ のレスポンスが1であるのに対して、 $1/4$ 解像度画像の

レスポンスは0.9であるため、原画像と1/4解像度画像との1cycle/mmにおける見え方を一致させるためには、1/4解像度画像における1cycle/mmのレスポンスを1/0.9倍とする必要がある。このため、第2の実施形態においては、周波数強調処理における1cycle/mmに相当する変換関数のパラメータを、パラメータ補正手段36において原画像信号に基づいて処理済み画像信号Sprocを得る場合の1/0.9倍の強調度となるように補正し、補正された変換関数により周波数強調処理を行うものである。具体的には変換関数がある傾きを有する関数である場合にはその傾きを2倍とし、変換関数が定数である場合にはその値を1/0.9倍とするものである。なお、見え方を一致させる周波数成分については、第2の実施形態においては1cycle/mmとしているが、複数の周波数成分としてもよく、ユーザが所望とする周波数成分を予め入力手段から入力しておいてよい。

#### 【0072】

このように、第2の実施形態においては、ウェーブレット変換により多重解像度に変換された原画像信号Sorg"を用いて、原画像よりも低解像度の画像を表す画像信号に対して周波数強調処理を施す場合に、ウェーブレット変換関数に基づいて、低解像度画像を表す画像信号における所望周波数成分の周波数応答特性が原画像信号の周波数応答特性と略一致するように補正するようにしたため、原画像信号Sorg"を復元する解像度に拘わらず周波数応答特性の相違を補償した処理済み画像信号を得ることができる。したがって、原画像信号Sorg"から任意の解像度まで低解像度画像信号を復元する場合であっても、所望とする周波数成分において常に略同一の周波数応答特性を有する処理済み画像信号Sprocを得ることができる。また、周波数強調処理を行うと同時に周波数応答特性を修正しているため、周波数強調処理が施された処理済み画像信号Sprocに対して周波数応答特性を修正する処理を施す場合と比較して、演算時間を短縮することができる。

#### 【0073】

なお、第2の実施形態において、拡大手段35において拡大処理を行う場合には、ウェーブレット変換関数の特性に加えて、これに用いる補間フィルタのフィ

ルタ特性にも基づいてパラメータ補正手段36において上記第1の実施形態と同様に変換関数のパラメータを補正すればよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図

【図2】

ボケ画像信号作成手段の構成を示す概略ブロック図

【図3】

フィルタリング処理に使用されるフィルタの一例を示す図

【図4】

低解像度画像信号作成処理の詳細を示す図

【図5】

補間拡大処理に使用されるフィルタの一例を示す図

【図6】

周波数強調処理手段の構成を示す概略ブロック図

【図7】

画素密度変換フィルタの周波数応答特性を示す図

【図8】

補間フィルタの周波数応答特性を示す図

【図9】

画素密度変換フィルタおよび補間フィルタを用いた場合の周波数応答特性を示す図

【図10】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す図

【図11】

第1の実施形態の動作を示すフローチャート

【図12】

本発明の第2の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図

【図13】

原画像信号をウェーブレット変換して階層毎に符号化する状態を示す図

【図14】

1/2 および 1/4 解像度まで復元した低解像度画像の周波数応答特性を示す図（その1）

【図15】

1/2 および 1/4 解像度まで復元した低解像度画像の周波数応答特性を示す図（その2）

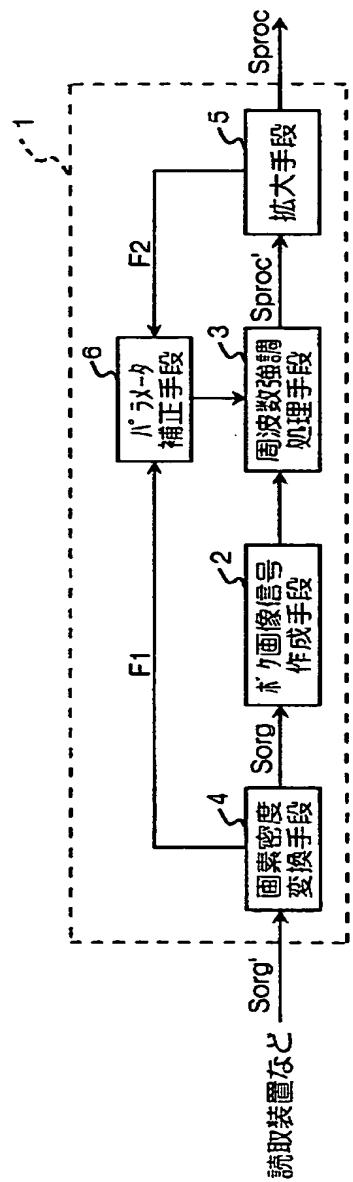
【符号の説明】

- 1, 3 1 画像処理装置
- 2, 3 2 ボケ画像信号作成手段
- 3, 3 3 周波数強調処理手段
- 4 画素密度変換手段
- 5, 3 5 拡大手段
- 6, 3 6 パラメータ補正手段
- 1 0 フィルタリング処理手段
- 1 1 補間処理手段
- 2 1 減算器
- 2 2 変換器
- 2 3 演算器

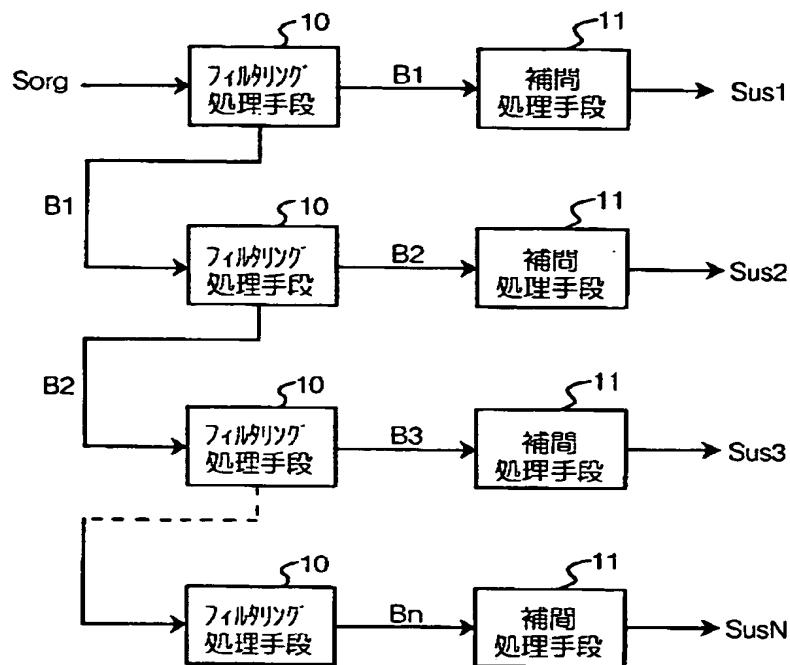
【書類名】

図面

【図 1】



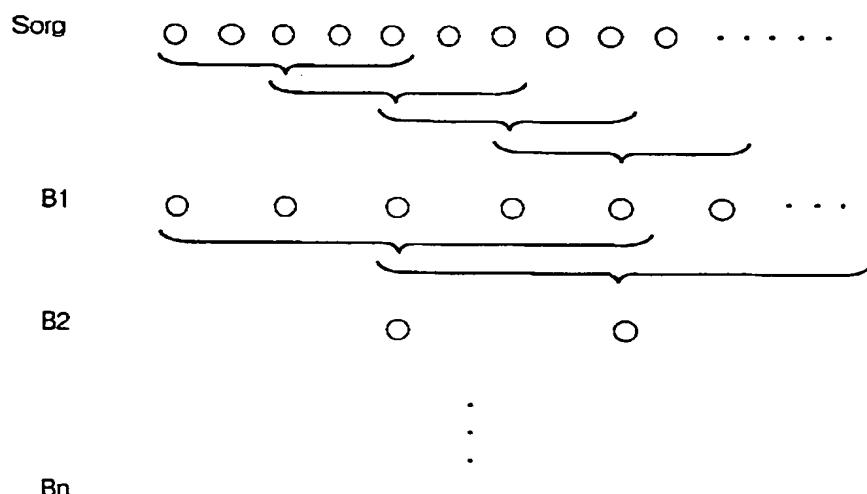
【図2】



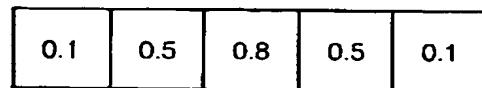
【図3】

0.05	0.25	0.4	0.25	0.05
------	------	-----	------	------

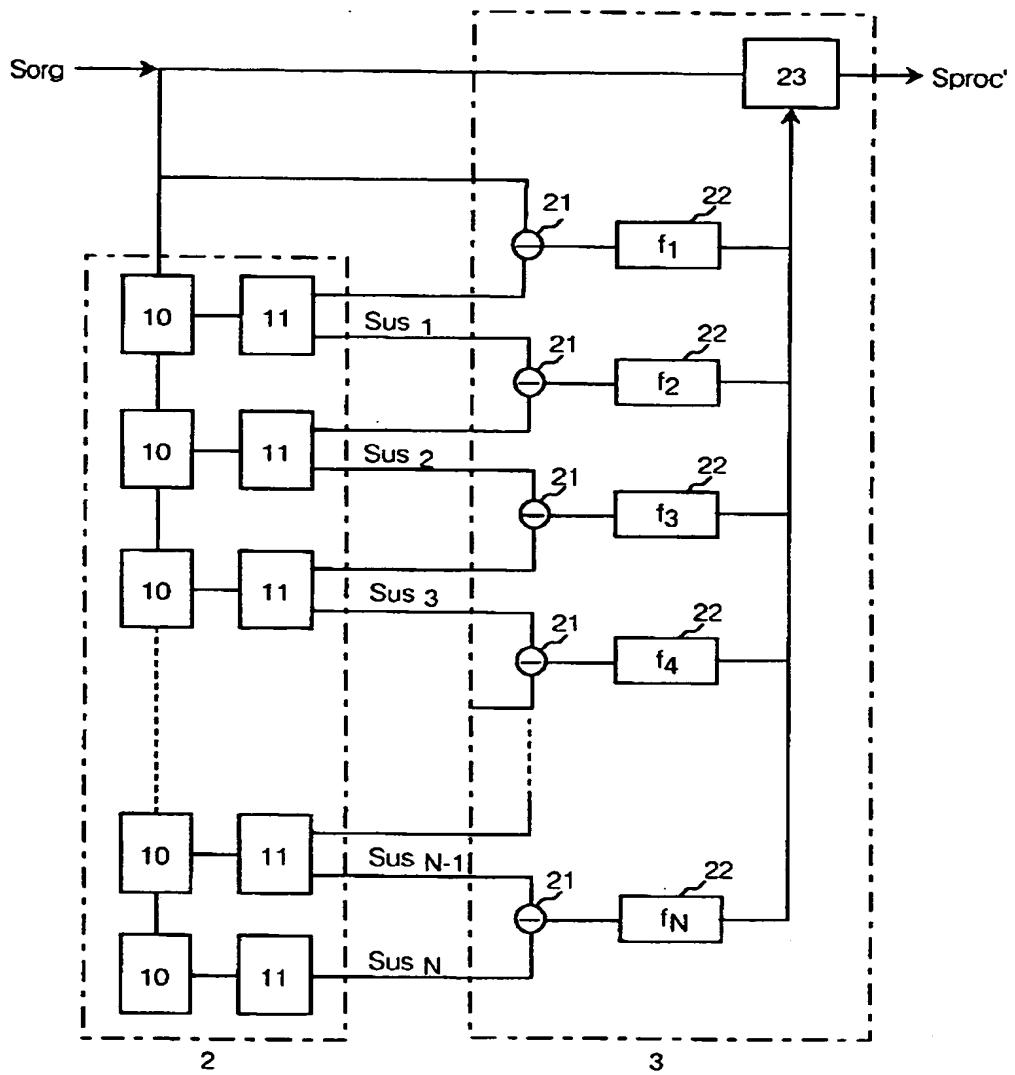
【図4】



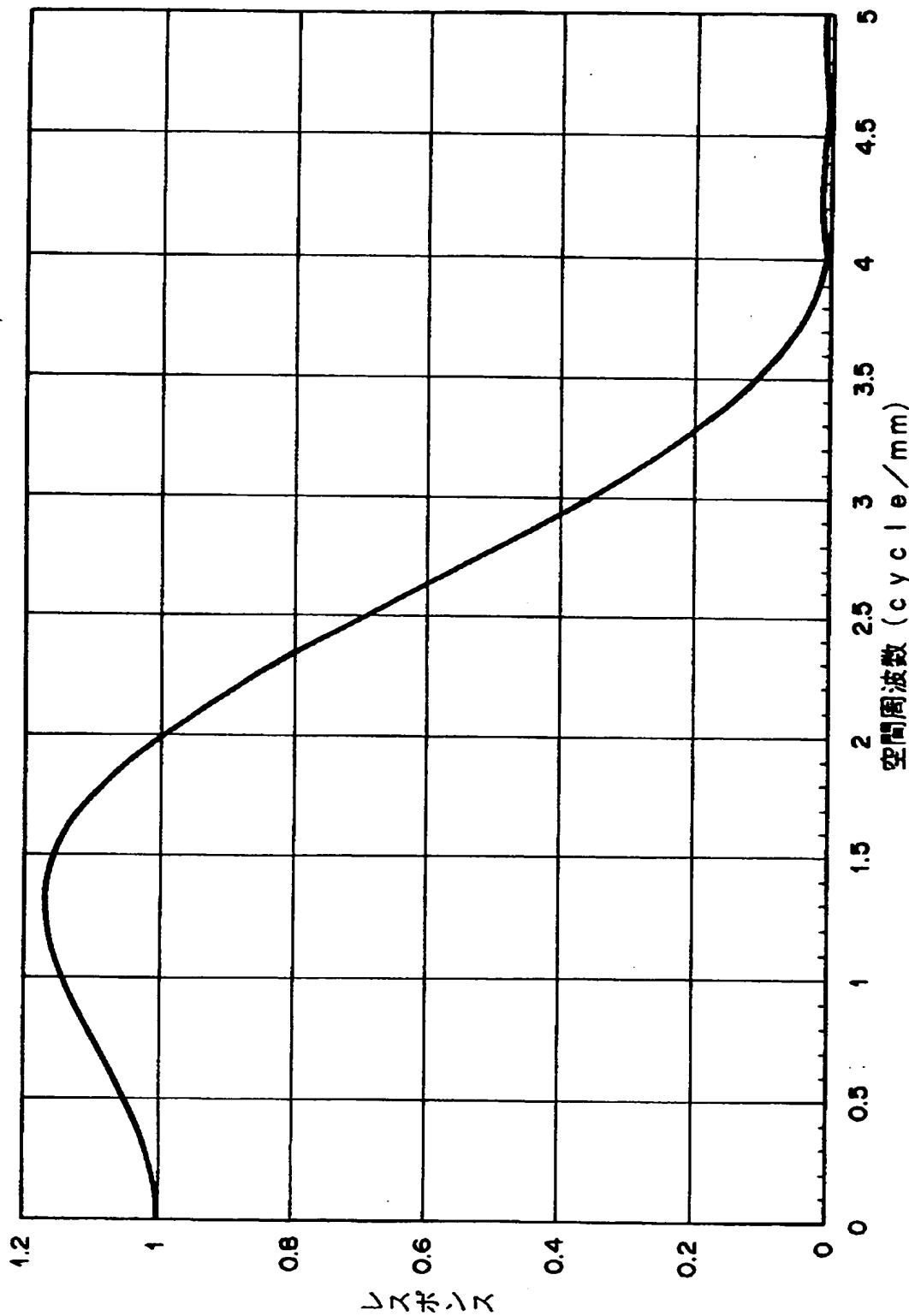
【図5】



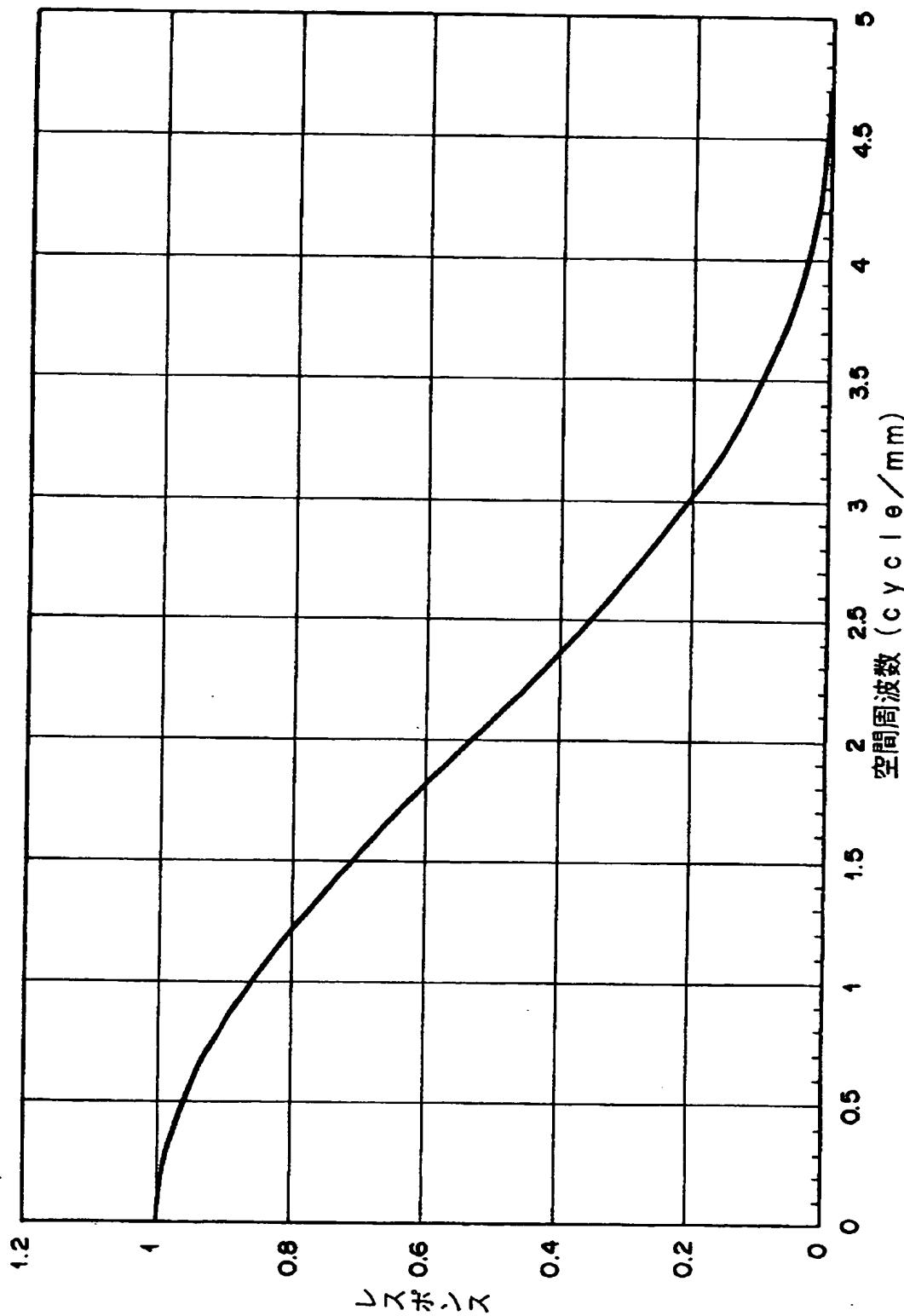
【図6】



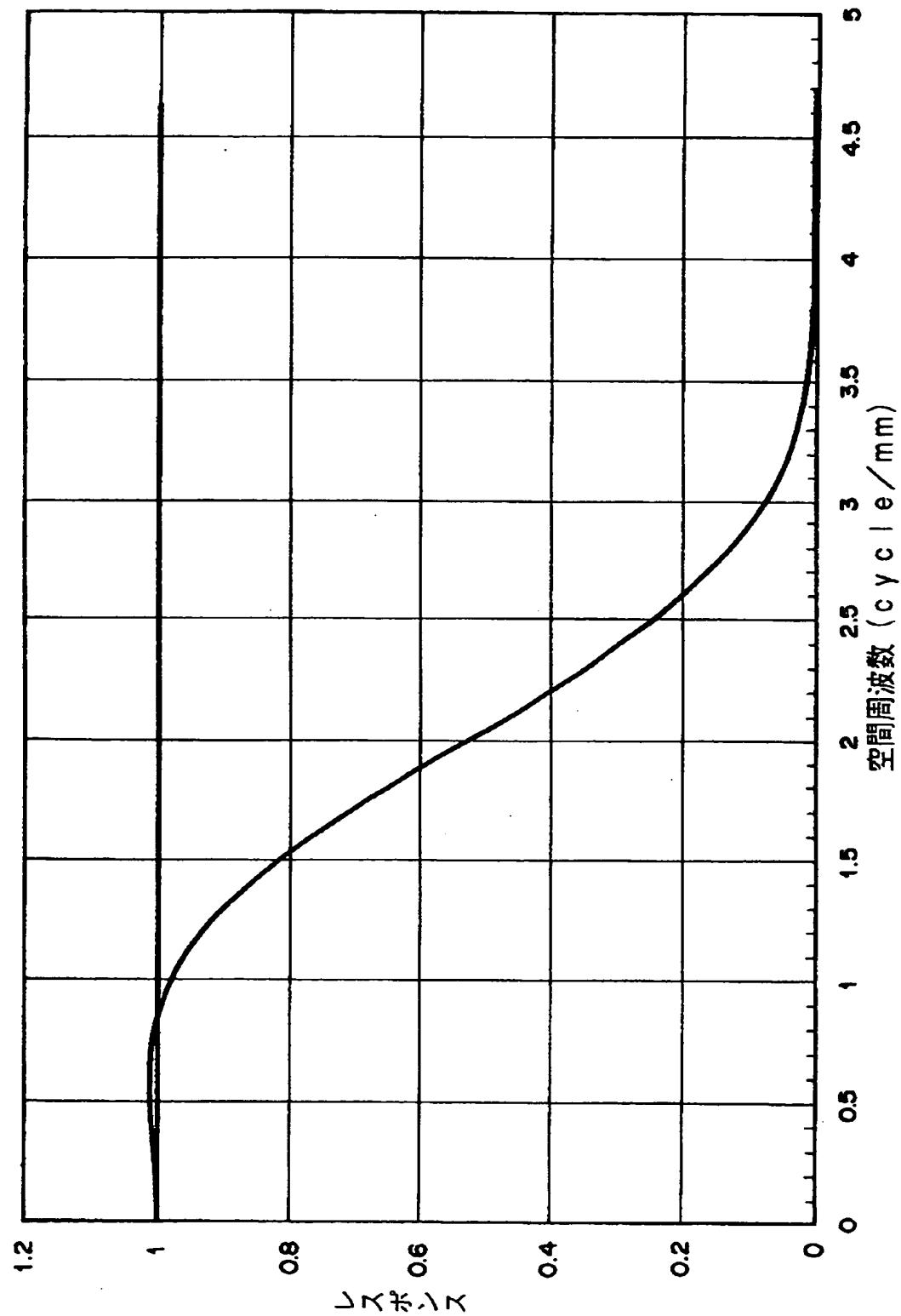
【図7】



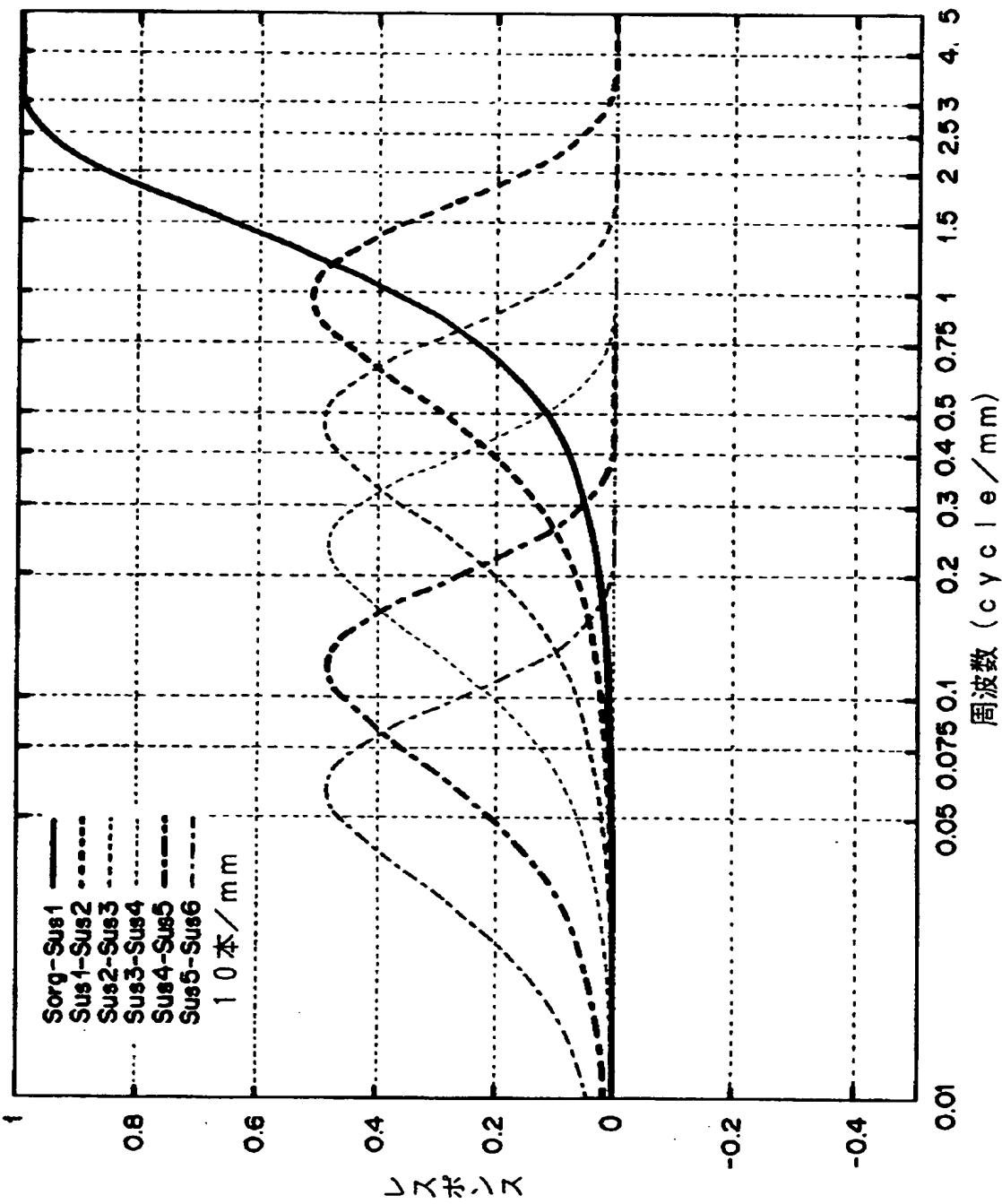
【図8】



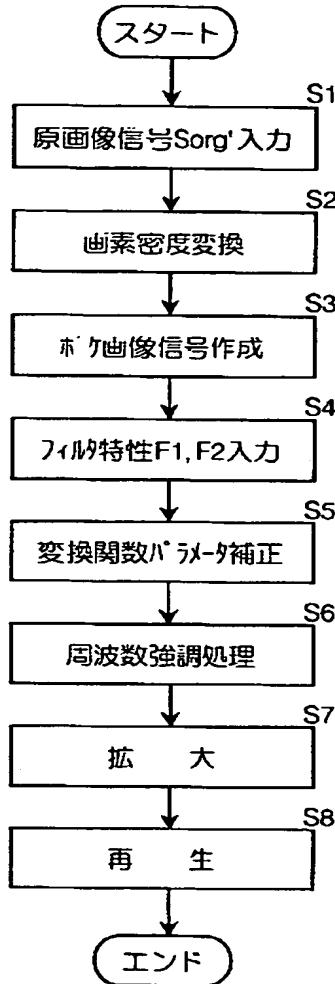
【図9】



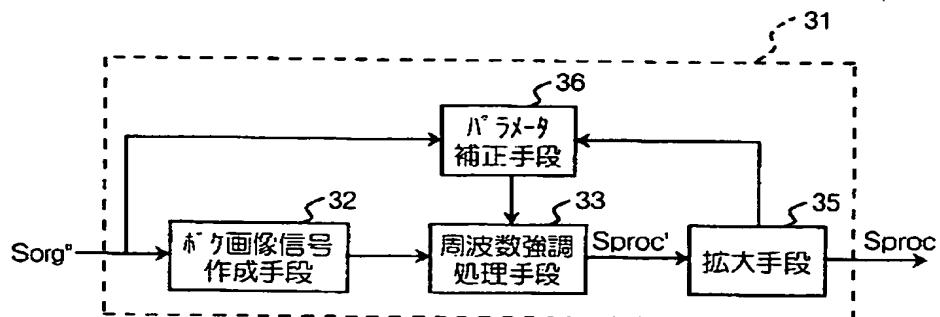
【図10】



【図1 1】



【図1 2】



【図13】

LL1	HL0
LH0	HH0

(a)

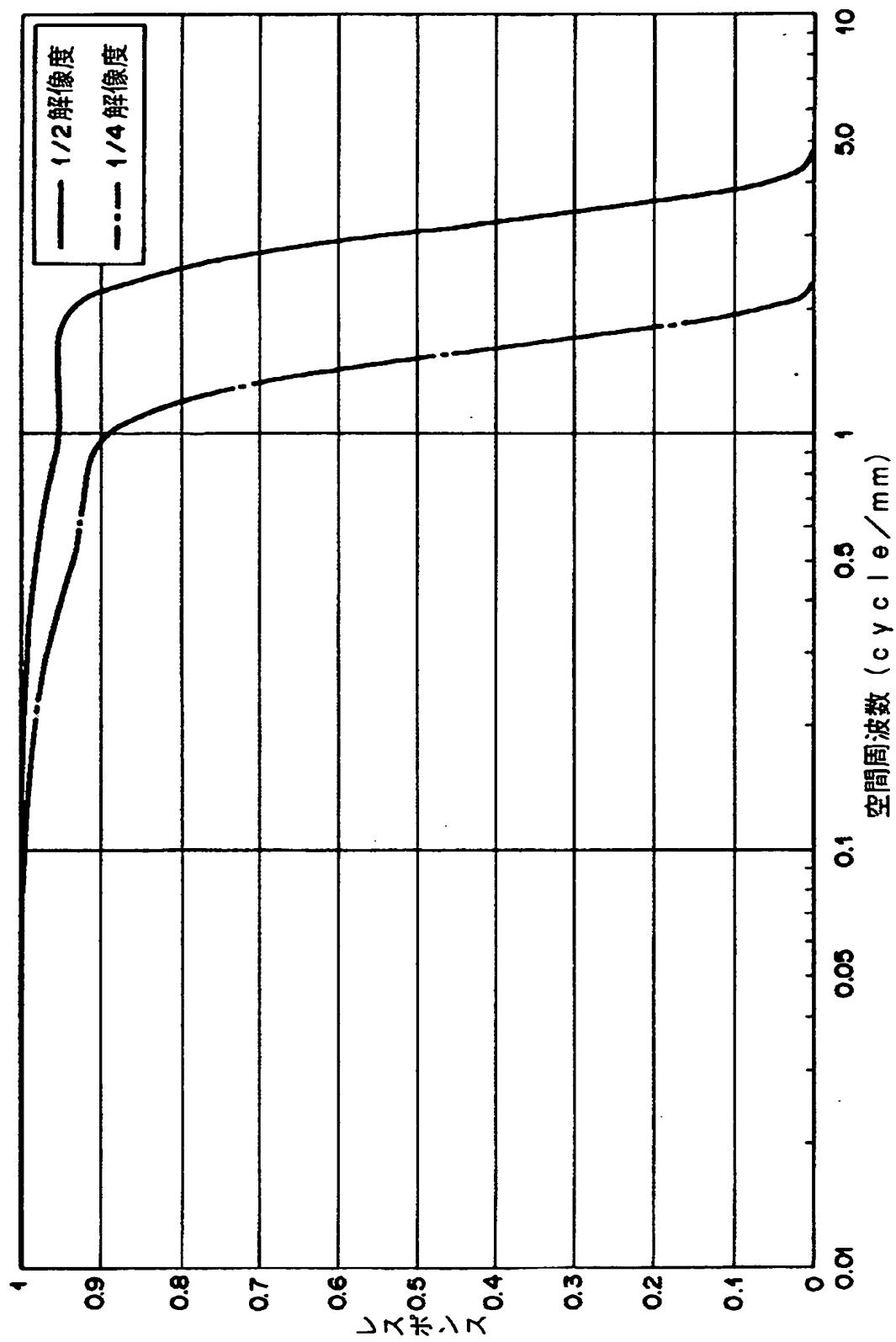
LL2	HL1
LH1	HH1

(b)

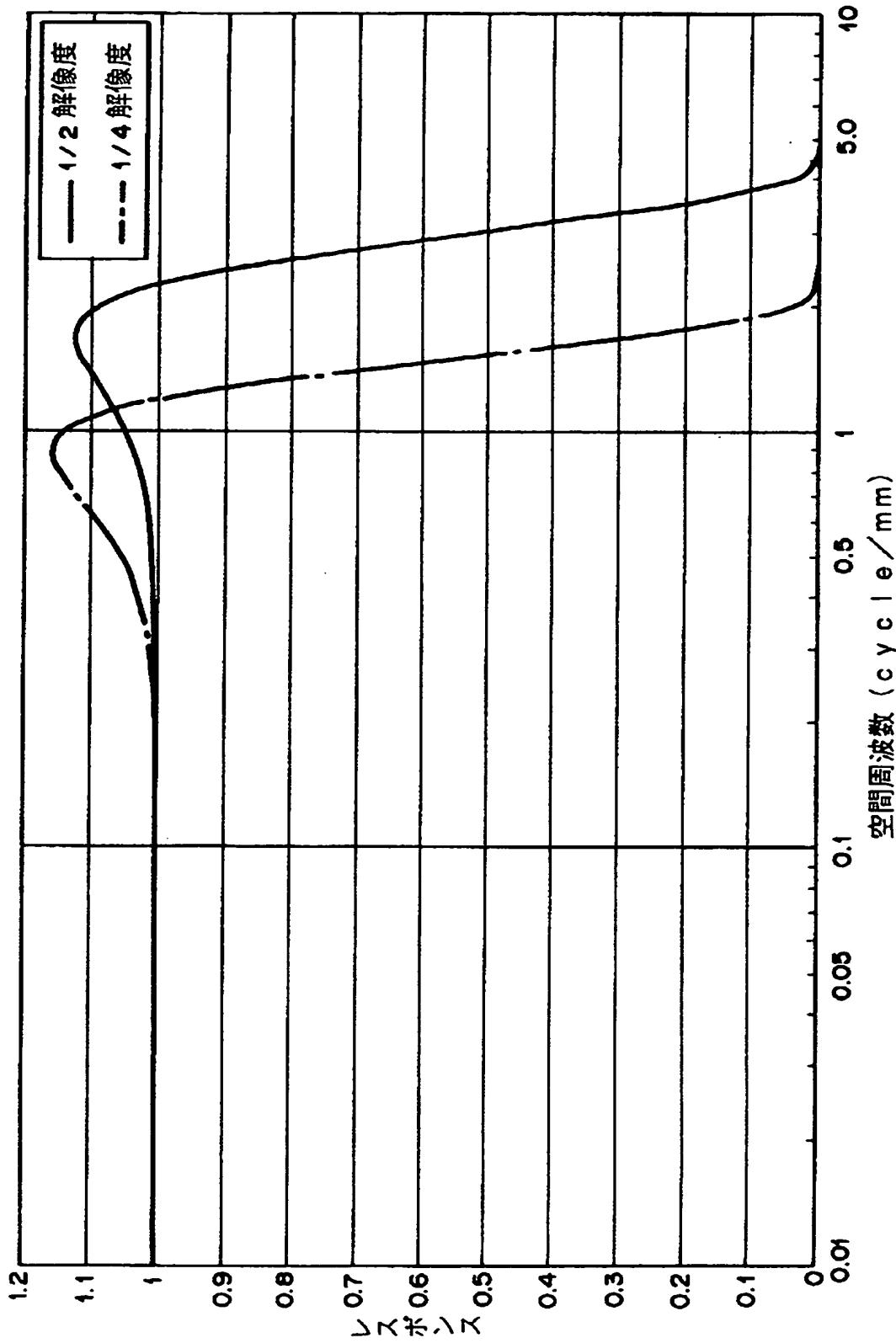
LL2
HH1, HL1, LH1
HH0, HL0, LH0

(c)

【図14】



【図15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、これらの画像信号に基づいて複数の画像信号を作成し、各画像信号を所定の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成し、各変換画像信号から原画像信号の特定の周波数成分が強調された処理済み画像信号を得る際に、原画像信号の画素密度および拡大率に拘わらず、原画像と同じ周波数応答特性が得られるようにする。

【解決手段】 画素密度変換手段4における画素密度変換フィルタのフィルタ特性と、拡大手段5における補間フィルタのフィルタ特性とにに基づいて、所望の周波数成分の周波数応答特性が基準となる値となるように、変換関数のパラメータを補正する。補正された変換関数により原画像信号  $S_{org}$  に対して周波数強調処理を施し、さらに拡大手段5において拡大して処理済み画像信号  $S_{org}$  を得る。

【選択図】 図1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第015904号
受付番号	59900058401
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成11年 2月11日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【住所又は居所】 神奈川県南足柄市中沼210番地

【氏名又は名称】 富士写真フィルム株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100073184

【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B

ENECS-1 7階 柳田国際特許事務所

柳田 征史

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B

ENECS-1 7階 柳田国際特許事務所

佐久間 剛

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地

氏 名 富士写真フィルム株式会社